Celoslovenský korešpondenčný seminár z fyziky pre žiakov ZŠ a OG

PIKOFYZ

22. ročník www.pikofyz.sk šk. rok 2019/2020

Vzorové riešenia 1. série zimnej časti

Úloha 1: Ovocný ninja - *opravovala Nina Hanesová*

Logikove posledné osobné rekordy vravia, že 3 mangá pokrája za $24\,\text{s}$ a 2 ananásy za $30\,\text{s}$. Rozhodol sa teda usporiadať veľkú smoothie párty, na ktorú potreboval nakrájať 58 máng a 21 ananásov.

Za koľko sekúnd Logik toto ovocie nakrájal? Aká bola Logikova priemerná rýchlosť krájania ovocia?

Najprv si zistíme, koľko sekúnd trvalo Logikovi nakrájať jedno ovocie:
1 mango: $24\,\text{s} : 3 = 8\,\text{s}$
1 ananás: $30\,\text{s} : 2 = 15\,\text{s}$
Ak 1 mango nakrája za 8 s, tak 58 máng nakrája za: $8\,\text{s} \cdot 58 = 464\,\text{s}$
Ak 1 ananás nakrája za 15 s, tak 21 ananásov nakrája za: $15\,\text{s} \cdot 21 = 315\,\text{s}$
Nakrájať všetko potrebné ovocie mu bude trvať: $464\,\text{s} + 315\,\text{s} = 779\,\text{s}$

Aby sme vypočítali priemernú rýchlosť krájania ovocia, musíme si uvedomiť rozdiel medzi aritmetickým priemerom rýchlostí a priemernou rýchlosťou:
Aritmetický priemer rýchlostí je podiel súčtu priemerných rýchlostí krájania a počtu priemerných rýchlostí:

$$\frac{15\frac{\text{s}}{ks} + 8\frac{\text{s}}{ks}}{1+1} = 11{,}50\frac{\text{s}}{ks}$$

Priemerná rýchlosť nám hovorí, koľko kusov ovocia Logik priemerne nakrájal za istú časovú jednotku:

$$\frac{79ks}{779\,\text{s}} = 0{,}10\frac{ks}{\text{s}}$$

Môžeme ju vypočítať aj opačným spôsobom, ako čas, za ktorý Logik nakrája 1 kus ovocia:

$$\frac{779\,\text{s}}{79ks} = 9{,}86\frac{\text{s}}{ks}$$

Samozrejme, obidva uvedené spôsoby výpočtu priemernej rýchlosti sú správne, ak ste použili aj správnu jednotku. Vo všeobecnosti je rýchlosť definovaná ako niečo (napr. ovocie) za čas, pokojne však tieto údaje môžete vymeniť a použiť prevrátenú jednotku.

Bodovanie: *čas potrebný na nakrájanie jednotlivého ovocia* $1\ b$*; čas potrebný na krájanie ovocia na párty* $1{,}5\ b$*; priemerná rýchlosť krájania ovocia* $2{,}5\ b$

Úloha 2: Závody - *opravovali Juraj Jánošík a Renáta Klimanová – Renka*
Tomáš a Rasťo vlastnia rovnaké bicykle, ktoré si predstav ako 2 ozubené kolesá s meniteľnou veľkosťou spojené reťazou. Prvé je roztáčané pedálmi, reťazou sa roztočí druhé, ktoré je pripevnené o zadné koleso bicykla. Prvé ozubené koleso môže mať 40, 30 alebo 20 zubov a druhé 32, 29, 26, 23, 20 alebo 16 zubov. Obaja pedálovali rovnakou rýchlosťou 2 otáčky za sekundu. Rasťo zvolil najmenšiu veľkosť na prvom ozubenom kolese a najväčšiu na druhom a Tomáš, naopak, najmenšiu veľkosť na druhom a najväčšiu na prvom. **Koho bicykel išiel rýchlejšie a prečo?**

Tomáš si podľa zadania zvolí prvé koleso so 40 zubmi a druhé so 16 zubmi, Rasťo si zvolí prvé koleso s 20 zubmi a druhé s 32 zubmi.

Výsledný pohyb bicykla závisí len od rýchlosti otáčania zadného kolesa (druhé ozubené koleso). Takže, ak chceme zistiť kto z chlapcov je rýchlejší, musíme porovnať rýchlosti otáčania zadných kolies (druhých ozubených kolies).

Je potrebné si uvedomiť, že keď sú kolesá spojené reťazou, tak počet zubov o koľko sa otočí prvé koleso sa rovná počtu zubov, o ktoré sa otočí druhé koleso.

Tomáš otočí dvakrát pedálmi za sekundu, prvé koleso sa otočí tiež dvakrát a o $2 \cdot 40 = 80$ zubov. Zadné koleso sa musí otočiť tiež o 80 zubov a má 16 zubov, takže sa otáča $80/16 = 5$ krát za sekundu.

Rasťo otočí tiež dvakrát pedálmi za sekundu, jeho prvé koleso sa otočí dvakrát o $2 \cdot 20 = 40$ zubov. Zadné koleso sa tiež musí otočiť o 40 zubov, takže sa otáča $40/32 = 1{,}25$ krát za sekundu.

Tomáš pôjde rýchlejšie, pretože sa jeho zadné koleso otočí 5-krát za sekundu, čo je štyrikrát viac ako Rasťove zadné koleso, ktoré sa otočí len 1,25-krát za sekundu.

Bodovanie:
$1\ b$ - *správna odpoveď s čiastočne správnym postupom*
$2\ b$ - *uvedomenie si prepojenosť kolies reťazou (o koľko zubov sa otočí predné koleso, o toľko isto sa otočí aj zadné koleso)*
$2\ b$ - *za výpočet rýchlosti otáčania Rasťovho a Tomášovho druhého kolesa*

Úloha 3: Objedené ťažisko - *opravovali –Tomáš Švihorík, Samuel Vaško*
Vystrihni si z kartónu kruh a zisti, aká je vzdialenosť ťažiska od stredu pizze v závislosti od počtu „zjedených“ trojuholníčkov.

Pomôcky: Kruh z kartónu, nitka, závažie (napríklad matica), špendlík, ceruzka, pravítko, uhlomer

Najpresnejší spôsob, ako merať ťažisko telesa, ktorý je ale zároveň aj jednoduchý na prevedenie, je merať ťažisko pomocou olovnice. Olovnica nie je nič iné, ako nitka, na konci ktorej je priviazané závažie. Keď olovnicu za horný koniec nitky voľne zavesíme, tak v dôsledku pôsobenia gravitačnej sily bude nitka smerovať vždy presne do stredu Zeme. To vieme výborne využiť.

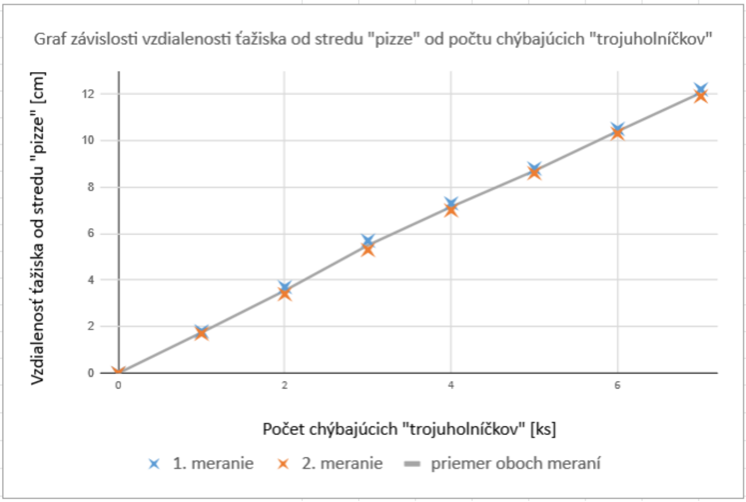
Postup merania: Na kartón som si obkreslil veľkú kruhovú misu a následne som obkreslený kruh vystrihol. Polomer vystrihnutej „pizze“ bol 17 cm. Pomocou uhlomera a ceruzky som si rozdelil kruh na 8 rovnakých častí, tak, ako „trojuholníčky pizze“.

Špendlíkom som si na kraji pripichol kartónový kruh k stene tak, aby sa mohol voľne kývať. V prípade, že sa vie teleso voľne kývať, tak v dôsledku pôsobenia gravitačnej sily, musí byť ťažisko vždy presne pod bodom závesu. Horný koniec nitky olovnice omotáme o špendlík, na ktorom je pripichnutý kartón a voľne visiaca olovnica nám teda vyznačí čiaru, na ktorej sa určite nachádza ťažisko. Pomyselná čiara vedúca ťažiskom sa nazýva ťažnica. Nechal som olovnicu ustáliť, k nitke som priložil hranu pravítka a zaznačil som si ťažnicu ceruzkou. Keď potom kruh pootočíme a špendlík zapichneme na inom mieste, tesne pri kraji, znovu použijeme olovnicu rovnakým spôsobom na vyznačenie inej ťažnice, ktorú si opäť zaznačíme ceruzkou na kartón. Keďže ale ťažisko musí ležať na každej ťažnici, tieto sa všetky pretínajú v jednom bode a to práve v ťažisku.

Kým je kruh celý, ťažisko bude presne v strede, teda ich vzájomná vzdialenosť je 0 cm. Postupne budeme vystrihávať „trojuholníčky pizze“ z kruhu a vždy pomocou olovnice vyznačíme dve rôzne ťažnice a zmeriame vzdialenosť ich priesečníka od stredu pizze, teda od miesta, kde sa všetky $\{$trojuholníčky dotýkajú špicom. Toto meranie uskutočníme pre všetky počty odstrihnutých „trojuholníčkov“ od 0 po 7. Keď chýba 8 kúskov pizze, teleso zanikne a teda nemá ani ťažisko, dôsledkom čoho je, že nemôžeme zmerať jeho vzdialenosť od stredu „pizze“.

Kvôli presnosti merania som celý experiment zopakoval ešte raz s rovnako veľkým kruhom z kartónu. Namerané hodnoty, z ktorých som zostrojil graf, sú zapísané v tabuľke:

počet chýbajúcich kúskov "pizze" [cm]	0	1	2	3	4	5	6	7
1. meranie	0	1.8	3.7	5.7	7.3	8.8	10.5	12.2
2. meranie	0	1.7	3.4	5.3	7	8.6	10.3	11.9
priemer oboch meraní	0	1.75	3.55	5.5	7.15	8.7	10.4	12.05



Z nameraných hodnôt a z grafu vidíme, že vzdialenosť ťažiska odbúdajúceho kruhu od stredu sa s najväčšou pravdepodobnosťou zväčšuje priamo úmerne s počtom chýbajúcich „trojuholníčkov“.
Pozn.: Meranie som uskutočnil v dobre osvetlenej miestnosti, bez prudkého prúdenia vzduchu, ktoré by hýbalo olovnicou a všetko som vystrihával podľa vopred narysovaných čiar. Najväčšie odchýlky pravdepodobne vznikali práve pri zaznačovaní ťažníc, no odchýlka pri každej ťažnici neprekročila veľkosť polovice najmenšieho dielika na pravítku, teda $0{,}5$ mm, lebo výrobcom udávaná hrúbka tuhy bola $0{,}2$ mm a nitka nebola hrubšia.

Bodovanie: $1{,}5\ b$ *za popis postupu, ktorým ste merali polohu ťažiska,* $1\ b$ *za experimentálne zistenie polohy ťažiska,* $1\ b$ *za graf vytvorený z nameraných hodnôt,* $0{,}5\ b$ *za popis grafu a jeho osí,* $0{,}5\ b$ *za tabuľku nameraných hodnôt, alebo iný zápis, z ktorého sa dajú vyčítať presné namerané hodnoty,* $0{,}5\ b$ *za presnosť merania, alebo zamyslenie sa nad jeho nepresnosťou.*

Úloha 4: VŽŽŽŽ - *opravovali Patrik Rusnák a Paulína Dujavová – Jonka*
Pod istou bratislavskou školou sa nachádza atómový bunker veľký 8x10 metrov a vysoký $2{,}5$ m. Tento bunker je dokonale zaizolovaný, preto sa tam nikto nikdy neodváži vstúpiť, no povráva sa, že často odtiaľ počuť “vžžžžžžžž”. Teta upratovačka tvrdí, že to znie presne akoby vnútri niekto vysával jej najobľúbenejším 2000 W vysávačom so 75% účinnosťou. **Ako dlho by tam niekto musel týmto vysávačom vysávať, aby tam teplota stúpla o** 10**℃?**

Ako nám už úloha napovedá, pre začiatok si musíme zistiť niekoľko údajov. Prvý z nich je hustota vzduchu, ktorá je pri atmosférickom tlaku 1 bar a pri teplote 20℃ $\rightarrow 1{,}29\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$. Teraz, keď poznáme hustotu vzduchu pri izbovej teplote, potrebujeme zistiť mernú tepelnú kapacitu vzduchu označovanú c, ktorá hovorí o tom, koľko tepla potrebujeme dodať do systému, aby sa nám 1 kg látky ohrial o 1℃. Problémom však je, že ste mohli naraziť na dve hodnoty tejto veličiny: $c_p = 1013\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg℃}}$ a $c_v = 724{,}878\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg℃}}$ [1] c_p je merná tepelná kapacita látky pri konštantnom tlaku a c_v je merná tepelná kapacita pri konštantnom objeme. Ktorú teda máme použiť? Zo zadania vieme, že miestnosť má isté rozmery, ktoré sa nemenia, a teda vzduch bude práve v tomto priestore aj keď teplotu zvýšime, teda máme konštantný objem vzduchu, takže bolo potrebné použiť c_v.

Teraz sa môžeme presunúť na počítanie. Najprv si vypočítajme objem tohto bunkra:

$$V = 8\,\mathrm{m} \cdot 10\,\mathrm{m} \cdot 2{,}5\,\mathrm{m} = 200\,\mathrm{m}^3$$

Keďže ohrievame miestnosť, tak molekulám vzduchu dodávame teplo. Na vyrátanie tepla, ktoré potrebujeme dodať objemu vzduchu aby sa zohrial o 10℃, použijeme kalorimetrickú rovnicu:

$$Q = c_v \cdot m \cdot \Delta t$$

[1] Tiež ste mohli nájsť veličiny, kde na mieste ℃ vystupoval K, to značí stupen Kelvina. Rozdiel medzi týmito dvoma stupnicami je iba v tom, že sú voči sebe posunuté, konkrétne $0\,\mathrm{K} = -273{,}15$℃. Takže keď nás zaujíma **zmena** teploty, je jedno, ktorú stupnicu použijeme.

Môžeme vidieť, že hmotnosť vzduchu nepoznáme, a teda si ju musíme vyrátať. Hmotnosť sa dá vyrátať ako objem látky krát hustota látky:

$$m = V \cdot \rho \Rightarrow Q = c_v \cdot V \cdot \rho \cdot \Delta t$$

Teraz si do tejto rovnice dosadíme hodnoty:

$$Q = 724{,}878\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg}^\circ\mathrm{C}} \cdot 200\,\mathrm{m}^3 \cdot 1{,}29\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} \cdot 10^\circ\mathrm{C} = 1870185{,}24\,\mathrm{J}$$

Toto je teplo, ktoré je potrebné dodať vzduchu aby sa zohrial o 10°C.

Teraz do úlohy zahrnieme výkon vysávača. Vysávaču je dodávaný príkon 2000 W, ale jeho účinnosť je 75%. To znamená, že 1500 W (2000 W $\cdot$ 75%) je využitých na vťahovanie vzduchu, a zvyšných 500 W, je strata, ktorá sa premení na teplo. Watt je definovaný ako $\frac{Joule}{sekunda}$ takže každú sekundu sa vzduchu pridá teplo hodnoty 500 J. Čo sa však deje s molekulami vzduchu ktoré sú vtiahnuté výkonom 1500 W? Molekuly, ktoré vysávač vtiahne do seba, vystrelí zo zadu (prúd teplého vzduchu ktorý ide z vysávača), čo fyzikálne znamená, že im bola dodaná takzvaná kinetická energia. Keď však vysávač vypneme, tak po chvíli, už necítime žiaden prúd vzduchu, čo teda znamená, že naše molekuly spomalili a prestali prúdiť jedným smerom, čo znamená, že stratili túto kinetickú energiu (vzájomnými zrážkami alebo zrážkou so stenou). Jedným zo základných princípov fungovania fyziky je, že energia nemôže len tak zaniknúť, ale musí sa na niečo premeniť, a to niečo v našom prípade bude teplo. To však znamená, že aj tých 1500 W využitých na vťahovanie vzduchu sa podieľa na zohrievaní miestnosti, a teda celých 2000 W zohrieva miestnosť. Keď sme si už uvedomili túto skutočnosť, dorátať tento príklad, nie je vôbec ťažké. Vieme, že výkon je vykonaná práca za jednotku času. Čo však nemusíte vedieť je to, že teplo je vlastne mikroskopická práca, ktorú plyn vykonal. Teda platí, že:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Q}{t} \Rightarrow t = \frac{Q}{P}$$

Keď sem dosadíme naše hodnoty dostaneme:

$$t = \frac{1870185{,}24\,\mathrm{J}}{2000\,\mathrm{W}} \doteq 935{,}1\,\mathrm{s}$$

Náš výsledok teda je, že vysávač by musel byť v miestnosti pustený približne 935 sekúnd.

Bodovanie: *Hodnotil som* $1\ b$ *za výpočet hmotnosti vzduchu,* $1\ b$ *za výpočet času z výkonu,* $2\ b$ *za správne odvodenie kalorimetrickej rovnice,* $1\ b$ *za správnu úvahu pri množstve výkonu použitého na zohrievanie miestnosti.*

Úloha 5: Konkurenčná - *opravoval Samuel Kočiščák*
Vlak národného prepravcu do 8:00 stál v stanici B a presne o 8:00 vyrazil zo stanice B konštantnou rýchlosťou $100\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$ smerom do stanice K. **Akú vzdialenosť prejde do 8:15? Ako dlho mu potrvá prejsť vzdialenosť 200 km?** Vlak súkromného prepravcu do 10:00 stál v stanici K a presne o 10:00 vyrazil zo stanice K s konštantným zrýchlením $100\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}^2}$ smerom do stanice B. **Akú rýchlosť bude mať 10:15? Ako dlho mu potrvá zvýšiť svoju rýchlosť na $200\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$?**

Venujme sa najprv prvej polovici úlohy. Použitím vzťahu (zo študijného textu - `https://www.pikofyz.sk/fetch_file.php?att_id=204`) pre výpočet prejdenej vzdialenosti pri konštantnej rýchlosti:

$$\Delta s = v \cdot \Delta t$$

zistíme, že za 15 minút ($= 0{,}25$ h) vlak prešiel 25 km. Pre výpočet čas potrebného na prejdenie 200 km musíme vzťah upraviť do tvaru

$$t = \frac{v}{\Delta s},$$

ktorý nie je uvedený ani v študijnom texte, ale je jednoduchou úpravou vzťahu zo študijného textu. Dosadením $v = 100\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$ a $\Delta s = 200$ km zistíme, že potrebný čas je $\Delta t = 2$ h.

Druhá časť úlohy je veľmi podobná prvej, namiesto nemennej rýchlosti je nemenné zrýchlenie a namiesto prejdenej vzdialenosti sa zvyšuje rýchlosť. Teda ak v prvej časti nahradíme $v \longrightarrow a$ a $s \longrightarrow v$, môžme použiť rovnaké vzťahy, teda:

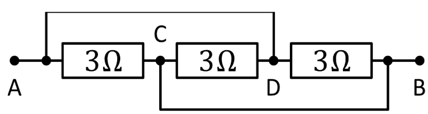
$$\Delta v = a \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{a}{\Delta v},$$

po dosadení číslených hodnôt dostávame ciferne rovnaké výsledky, ako v prvej časti, no prvý z výsledkov sa líši jednotkou: vlak súkromného prepravcu za 15 min naberie rýchlosť $25\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$ a zvýšiť svoju rýchlosť z $0\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$ na $200\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$ mu potrvá 2 h.

Bodovanie: *Za výsledok každej zo 4 častí $1\ b$, až $1\ b$ za zmysluplný zápis a odôvodnenie krokov, čiastkové body za čiastkové výsledky.*

Úloha 6: Rozporuplné odpory - *opravoval Jakub Hluško*
Aký je výsledný odpor zapojenia medzi bodmi A a B?

Tri odpory za sebou vyzerajú na prvý pohľad veľmi jednoducho, no v skutočnosti sú len jednoduché. Dva vodiče navyše v skutočnosti zohrávajú pomerne dôležitú úlohu - poďme sa tomu prizrieť bližšie.



Vodiče ako tieto dva uvažujeme ako vodiče bez odporu (i keď vieme, že celkom reálne to nie je, ich odpor je voči rezistorom tak malý, že ho zanedbáme). V takýchto schémach nám to dáva možnosť si tieto prekresľovať a naťahovať podľa ľubovôle. Napríklad vodič medzi bodmi A a D by sme mohli postupne skracovať, skracovať, až kým by sa nám body A a D spojili. Ak sa divíte, či je to ozaj povolený krok, skúste sa zamyslieť; ak je medzi dvoma bodmi nulový odpor, tak i nulové napätie (všetko, čo mohlo pretiecť, pretieklo) a teda ide o jeden a ten istý bod!

Obdobnú úvahu možno previesť i ohľadom vodiča medzi bodmi B a C a teda po prekreslení schémy nám zostanú body AD a BC a medzi nimi tri odpory, zapojené pararelne. Celkový odpor si nazveme R_c [2] a keďže ide o tri rezistory zapojené paralelne, vieme, že preň platí $\frac{1}{R_c} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ a teda $\frac{1}{R_c} = \frac{1}{3\,\Omega} + \frac{1}{3\,\Omega} + \frac{1}{3\,\Omega} = \frac{3}{3\,\Omega}$ a preto $R_c = 1\,\Omega$.

Bodovanie: *Hodnotil som $1{,}5\ b$ za prekreslenie schémy na paralelné zapojenie, $1{,}5\ b$ za argumentáciu a výpočet týkajúci sa tohoto zapojenia a $2\ b$ za správny výsledok. Nesprávne riešenia som v závislosti na obsahu a použitých fyzikálnych argumentoch hodnotil najviac $2\ b$.*

Úloha 7: Sklíčka - *opravoval Bohdan Jóža – Boďo*

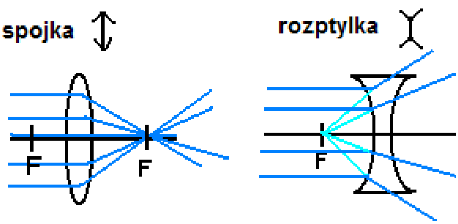
Prečo vrhajú okuliare tieň? Ako sa tento tieň líši pri okuliaroch bez šošovky, so spojkou a s rozptylkou

Pred tým, ako sa budeme zamýšľať nad existenciou a tvarom tieňa okuliarov, potrebujeme vedieť, ČO je to vlastne ten tieň a AKO vlastne také okuliare fungujú.

Tieň je plocha alebo priestor, ktorý je viditeľne slabšie osvetlený, ako jeho okolie. Takže ak by lúč svetla dopadol na nejakú plochu, ale z nejakého dôvodu tam nedopadne, na tom mieste vznikne tieň. Dôležité je uvedomiť si, že svetlu sa dá zabrániť v dopade na plochu aj iným spôsobom, ako iba jeho absorbovaním. Rovnako dobre funguje aj jeho odrazenie, alebo presmerovanie.

Okuliare nám slúžia na opravu zrakových vád. Oči fungujú podobne ako fotoaparát, cez šošovku prechádza svetlo na sietnicu a vytvára obraz toho, na čo sa pozeráme. Keď máme zdravé oči, šošovka v oku sa dokáže prispôsobovať, aby bol obraz na sietnici stále ostrý. Keď je však oko deformované a sietnica nie je na správnom mieste, stáva sa, že obraz je od istej vzdialenosti stále rozmazaný. Predstavte si to, ako keď zaostrujete fotoaparát. Na začiatku je obraz rozmazaný, potom sa zaostruje až do bodu, kedy je dokonale ostrý, a potom sa znova rozmaže. Presne tak je to aj so sietnicou, ak je príliš blízko alebo príliš ďaleko, obraz bude rozmazaný.

Šošovky majú jednu zaujímavú vlastnosť: dokážu ohýbať svetelné lúče. Existujú dva typy šošoviek: spojky a rozptylky. Spojka, ako názov napovedá, svetelné lúče "spája", teda ohýba dovnútra. Rozptylka ich naopak rozptyľuje, teda ohýba smerom von.

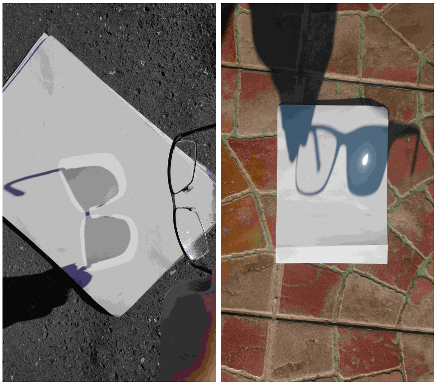


V škole ste sa asi učili o pojmoch ako ohnisko, optická mohutnosť a podobne. Sú to dôležité vlastnosti šošoviek, ak s nimi chceme počítať. Ak vás to zaujíma, na internete o nich určite nájdete viac informácii. V tejto úlohe

[2] niektorí z vás si ho nazvali napríklad R_1, i keď rovnako mali nazvaný jeden z troch rezistorov - treba dávať pozor, aby sme nikdy neoznačili viac rôznych vecí rovnako, môže to spôsobiť poriadny neporiadok vo výpočtoch

však nie sú dôležité. Dôležité je to, že lúče sa po prechode spojkou zbiehajú a po prechode rozptylkou rozbiehajú. Ak je teda sietnica príliš blízko biologickej šošovky, nosíme spojky, ktoré vytvoria obraz bližšie a ak je sietnica príliš ďaleko, nosíme rozptylky, ktoré vytvoria obraz ďalej.

Teraz už sme pripravení zamyslieť sa nad existenciou a tvarom tieňa okuliarov. Rám okuliarov vytvorí stále rovnaký tieň, my sa budeme zaujímať iba o tieň skiel okuliarov. Predpokladajme, že máme plátno, ktoré je rovnomerne osvetlené rovnobežnými lúčmi svetla. Chceme teraz zistiť, aký tieň sa na plátne vytvorí, keď predeň postavíme normálne sklo, spojku alebo rozptylku. Začneme normálnym sklom. Sklo je iné optické prostredie, ako vzduch, takže pri prechode rozhraním medzi vzduchom a sklom sa svetlo ohne. Také rozhrania však máme dve, takže nech sa pri tom prvom svetlo ohne o koľkokoľvek, pri tom druhom sa ohne o toľko isto naspäť, lebo sa vracia do pôvodného prostredia. Keďže normálne sklo je všade rovnako hrubé, všetky lúče sa ohnú v rovnakom momente aj tam aj naspäť a po prechode sklom budú znova rovnobežné. Plátno bude teda znova rovnomerne osvetlené a nebude na ňom vidno žiadny tieň. Akékoľvek straty v dôsledku absorbovania svetla sklom, alebo odrazu svetla pri prechode rozhraním sú zanedbateľné.



Vieme, že po prechode spojkou sa lúče zbiehajú do stredu. Tieň sa teda bude meniť so vzdialenosťou okuliarov od plátna, ale jeho tvar ostane zhruba rovnaký. Keďže svetlo sa ohne smerom do stredu, na plátne budeme vidieť v strede skiel svetlý bod a okolo neho tieň. Svetlo, ktoré by dopadlo na plochu, kde je teraz tieň, bolo totiž ohnuté a presmerované viac do stredu, kde vidíme jasnejšie svetlo, ako na plátne mimo okuliarov.

Vieme, že po prechode rozptylkou sa lúče rozbiehajú smerom od stredu. V tomto prípade budeme vidieť presne opačný jav, ako pri spojke. V strede skiel budeme vidieť tieň a na kraji budeme vidieť jasnejšie osvetlenie. Svetlo, ktoré by dopadlo do stredu, bolo totiž ohnuté opačným smerom, a dopadlo na okraj alebo dokonca mimo okuliarov.

Aby ste mi verili, že si tu iba nevymýšľam hlúposti, odfotil som tiene mojich okuliarov.

Naľavo vidíme rozptylky, ktoré naozaj presmerovali svetlo zo stredu na okraj a napravo spojku, ktorá presmerovala svetlo z okrajov do stredu a obyčajné sklo, ktoré nevrhá žiadny rozpoznateľný tieň.

Bodovanie: *za popis každého tieňa* $1\ b$ *a za vysvetlenie šošoviek a prečo vznikol práve taký tieň* $2\ b$.